

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗОРИЕНТАЦИИ
В $[\bar{1}11]$ -ГЦК МОНОКРИСТАЛЛАХ^{1,2} Е.А. АлфёроваНаучный руководитель: ¹ профессор, д.ф.-м.н. Д.В. Лычагин¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: katerina525@mail.ru, dvl-tomsk@mail.ru

REGULARITIES IMPLEMENTATION OF MISORIENTATION $[\bar{1}11]$ FCC-SINGLE CRYSTALS^{1,2} E.A. AlfeyorovaScientific Supervisor: ¹Prof., Dr. D.V. Lychagin¹Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050²Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: katerina525@mail.ru, dvl-tomsk@mail.ru

Annotation. We have analyzed the misorientation $[\bar{1}11]$ FCC single crystals during deformation by compression. The development misorientations considered on the scale of faces of the sample sites to the level of dislocation substructure. It is shown that the accumulation of disorientation at the dislocation subsystems contributes to the accumulation of disorientation at the higher scale levels.

Давно известно, что если поверхность металлического образца отполировать, а образец подвергнуть нагружению, то на поверхности можно обнаружить системы параллельных тонких линий – линий скольжения. Розенхайн и Эвинг еще в начале XX века показали, что эти линии представляют собой ступеньки на поверхности, появляющиеся в результате микроскопических сдвиговых смещений вдоль кристаллографических плоскостей. Подобные явления описаны и в работе Хоникомба Р.[1]. Вместе с тем, тот факт, что пластическая деформация осуществляется посредством не только трансляционного механизма, но и ротационного был описан еще в начале 20-го века Хоникомбом Р.[1], Иоффе А.Ф. [2], Шмидом Е. [3], и Кузнецовым В.Д. [4] и др. Несколько позже об изменениях ориентации кристаллической решетки при увеличении степени деформации сообщается в работе Мадера С. и Зегера А. [5] и других исследователей.

На сегодняшний день совершенно очевидно, что трансляционный и ротационный механизмы тесным образом взаимосвязаны. Конечно, переориентация наиболее характерна для высоких степеней пластической деформации и более высокой плотности дислокаций. На начальных же степенях деформации формоизменение в маледефектном кристалле осуществляется за счет дислокационного скольжения. Стоит упомянуть, что в некоторых случаях процесс переориентации можно инициировать с самого начала посредством двойникования.

Для более детального рассмотрения закономерностей развития разориентации при деформации целесообразно провести модельные эксперименты с использованием монокристаллов с ГЦК решеткой. Целью данной работы является рассмотрение процессов развития разориентации в $[\bar{1}11]$ монокристаллов ГЦК металлов на разных масштабных уровнях.

Исследования проводили на ГЦК чистых металлах (алюминий, никель, медь). Величина энергии дефекта упаковки (ЭДУ) для алюминия и никеля достаточно велика, поэтому эти материалы имеют склонность к поперечному скольжению дислокаций. ЭДУ меди ниже, однако, как и в алюминии и никеле, в ней наблюдается формирование дислокационной ячеистой субструктуры в пределах второй стадии кривых деформационного упрочнения. Деформация этих материалов при комнатной температуре осуществляется скольжением по октаэдрическим плоскостям.

Изменение кристаллографической ориентации в масштабе образца связано с изменением формы монокристалла при нагружении в результате неравномерного вклада в деформацию равнонагруженных плоскостей скольжения. Ориентация плоскостей скольжения в объеме образца в форме тетрагональной призмы приводит к быстрой потере устойчивости данных монокристаллов при сжатии.

Ранее авторами была проведена систематизация структурных элементов деформационного рельефа формирующихся в $[\bar{1}11]$ -монокристаллах в зависимости от кристаллографической ориентации боковых граней [6]. Было установлено, что деформация осуществляется скольжением по пачкам параллельных плоскостей скольжения, организацией сдвига в макрополосы и формированием поверхностных складок.

При деформации сжатием $[\bar{1}11]$ -монокристаллов наблюдается изменение ориентации. При этом на макроуровне наблюдается искривление формы образца и кристаллографическая переориентация его частей (рис. а).

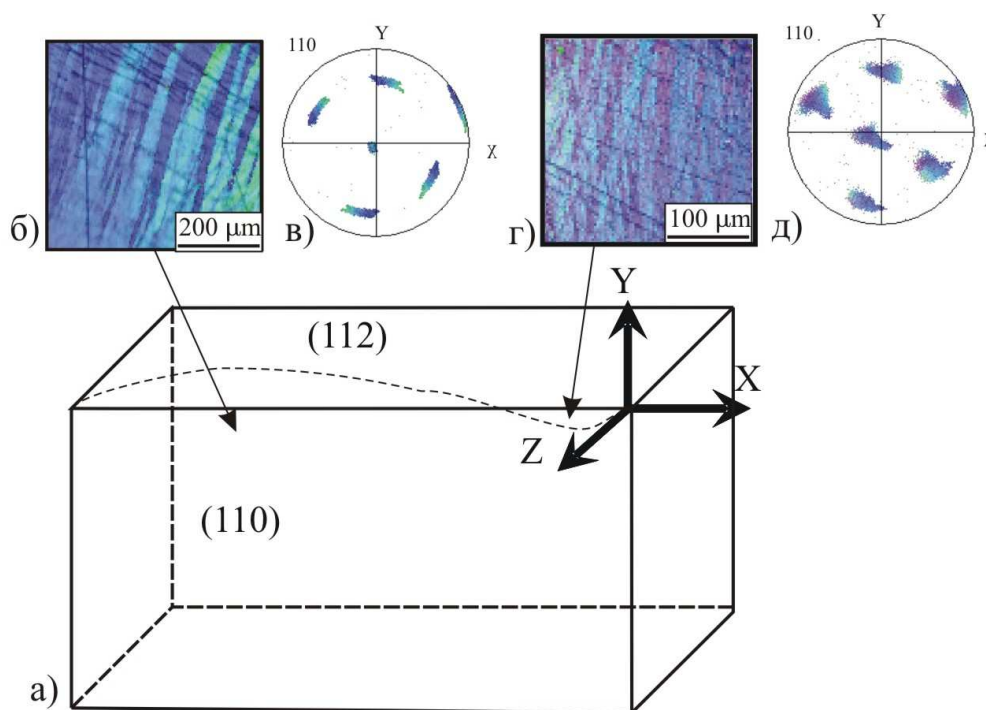


Рис. Ориентация и формоизменение образца (а), картина переориентации относительно оси сжатия (б,г), прямая полюсная фигура с выделенных областей (в, д)

Интересно отметить, что характер развития переориентации в различных областях монокристалла различается. Можно выделить две области: 1) места выпуклости кристалла и 2) места вогнутости кристалла. Очевидно, что схема напряженного состояния в них отличается, следовательно, следует ожидать и различия в закономерностях переориентации. В первом случае можно наблюдать четкие полосы переориентации (рис. б) с развитием разориентации вокруг направления $[110]$ (рис. в), то во втором – случае четкие границы разориентации выделить сложно (рис. г), а размытие ориентаций происходит во всех направлениях (рис. д). Характер распределения границ в рассматриваемых областях также отличается. Вместе с тем в обоих случаях при подходе к границам полос разориентации наблюдается постепенное увеличение угла разориентации и его максимальное возрастание на границе разориентированных полос.

Сопоставление, наблюдаемых разориентаций с разориентациями на уровне дислокационной подсистемы показало хорошее согласие с величиной разориентации накапливающейся при деформации в ячеистой дислокационной субструктуре. При этом известно, что при рассматриваемой степени деформации средний размер дислокационных ячеек составляет 0,5 мкм [7]. Следовательно, разориентация $5,5^\circ$ обеспечивается, примерно, одиннадцатью дислокационными ячейками.

Таким образом, можно говорить о тесной взаимосвязи процессов разориентации на разных масштабных уровнях. Накопление разориентации на уровне дислокационной подсистемы способствует накоплению разориентации на более высоких масштабных уровнях.

Данное научное исследование выполнено при поддержке Программы «Научный фонд ТГУ им. Д.И. Менделеева» в 2015 г. Исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» НИ ТГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов / Р. Хоникомб. – М.: Мир. 1972. – 408 с.
2. Иоффе А.Ф. Физика кристаллов. – Л.: ГИЗ, 1929. – 192 с.
3. Шмид Е., Боас В. Пластичность кристаллов в особенности металлических. – Л.: Редакция технико-теоретической литературы, 1938. – 316 с
4. Кузнецов В.Д. Физика твердого тела. – Томск: Изд-во «Красное знамя», 1941. – Т.2. – 771 с
5. Mader S., Seeger A. Untersuchung des gleitlinienbildes kubischflächenzentrierter einkristalle // Acta met. – 1960. – V. 8. – № 8. – P. 513–522.
6. Lychagin D.V., Alfeyorova E.A., Starenchenko V.A. Effect of crystallographic states on the development of macrobands and deformation inhomogeneity in $[\bar{1}11]$ nickel single crystals // Physical Mesomechanics. 2011. – V. 14. – №1-2. – P. 66-78.
7. Старенченко В.А., Лычагин Д.В., Шаехов Р.В., Козлов Э.В. Влияние температуры испытания на эволюцию дислокационной структуры монокристаллов никеля с ориентацией оси сжатия $[001]$ // Известия высших учебных заведений. Физика. – 1999. – №7. – С. 71-77.